

**(54) TILT ANGLE MEASURING APPARATUS**

(11) 61-148321 (A) (43) 7.7.1986 (19) JP

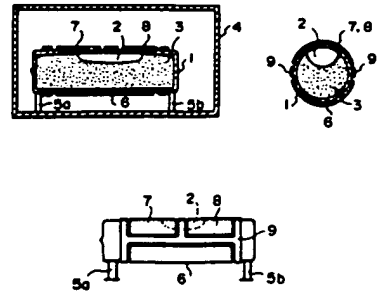
(21) Appl. No. 59-270462 (22) 21.12.1984

(71) TOKYO OPTICAL CO LTD (72) NOBUO HORI(2)

(51) Int. Cl. G01C9/24, G01C9/06

**PURPOSE:** To enable highly accurate measurement of tilt angle, by arranging first~third electrodes composing a capacitor and a guard electrode surrounding all of these electrodes on the wall surface of a container holding a liquid with a single bubble having a convexly curved surface on the top thereof.

**CONSTITUTION:** A container 1 made of insulating material such as glass has a bubble tube filled with a low-viscosity liquid 3 so as to form a single bubble 2. The container 1 is so arranged as to have a curved surface with a curvature along the length thereof on the upper inner surface thereof and supported in a shield case 4 with leg members 5a and 5b. A first electrode 6 is provided on the outer surface of the container 1 in the range of about 170° below the central portion corresponding to about two-third of the overall length-wise length and a second electrode 7 and a third electrode 8 in the range of about 170° thereabove facing the electrode 6 as separated from each other. In addition, a guard electrode 9 surrounding the electrodes 6~8 is provided. The tilt angle can be measured at a high accuracy from the capacity of capacitors composed of the electrodes 6 and 7 and 6 and 8.





⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 昭61-148321

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)7月7日

G 01 C 9/24  
9/06

7119-2F  
7119-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 傾斜角測定装置

⑯ 特 願 昭59-270462

⑰ 出 願 昭59(1984)12月21日

⑱ 発 明 者	堀 信 男	東京都板橋区蓮沼町75番1号 東京光学機械株式会社内
⑱ 発 明 者	横 倉 隆	東京都板橋区蓮沼町75番1号 東京光学機械株式会社内
⑱ 発 明 者	大 友 文 夫	東京都板橋区蓮沼町75番1号 東京光学機械株式会社内
⑲ 出 願 人	東京光学機械株式会社	東京都板橋区蓮沼町75番1号
⑳ 代 理 人	弁理士 中 村 稔	外3名

明 細 書

1. 発明の名称 傾斜角測定装置

2. 特許請求の範囲

(1) 上方に凸な湾曲面を有し、単一気泡を存在させて液体を容れた容器と、該容器の壁面に上記気泡と対向するように設けた第1電極と、該第1電極と対向する位置に対をなして容器の傾斜による気泡の移動方向に並んだ第2電極及び第3電極と、上記第1電極ないし第3電極のいずれをも取囲むように設けられたガード電極とを有し、第1電極と第2電極及び第1電極と第3電極によって形成されるコンデンサの容量から傾斜を求めることを特徴とする傾斜角測定装置。

(2) 上記第1電極と、第2電極及び第3電極とのいずれか一方が容器の上面に設けられ、他方が下面に設けられた特許請求の範囲第1項に記載の傾斜角測定装置。

(3) 上記第1電極ないし第3電極のいずれもが容器の側面に設けられた特許請求の範囲第1項に記載の傾斜角測定装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は傾斜角測定装置、さらに詳しくは、上面又は側面に配置した電極間に気泡管を配置し、上記気泡管の気泡の移動に伴う電極間の静電容量の変化を電気信号に変換して傾斜角を測定するための装置に関する。

(従来技術)

地盤や建造物の水平部の傾斜角の測定には、古くから、気泡管の上面を一定の曲率を持って形成し、気泡管の傾斜変化に伴う気泡の移動を該気泡管の上面に設けた目盛によって読取る装置が使用されている。

一方、傾斜角を電気信号として検出する装置としては、第7図に示すように気泡管80の下面に共通電極81を配置し、上面の気泡の移動方向に沿って2つの電極82、84を配置して、電極81、82及び電極81、84によって2つのコンデンサを形成したいわゆる静電容量型の傾斜角測定装置が特開昭53-59461号公報によっ

て提案されている。上記2つのコンデンサは交流ブリッジ回路に接続され、傾斜角が変化して気泡が移動することに伴う上記2つのコンデンサの容量の変化は上記交流ブリッジ回路の差動出力として検出される。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の静電容量型の傾斜角測定装置においては各電極が近接して配置されることから、各電極間に漏れ電流を許す漏れ抵抗と浮遊容量が存在する。これら漏れ抵抗、浮遊容量は温度等の環境条件の影響を受けやすく、前記2つのコンデンサの容量の変化を検出して傾斜角を測定しようとする装置に悪影響を及ぼし、高精度に傾斜角を測定することが出来なかった。第8図に第7図の等価回路を示す。点線で示す構成要素が漏れ抵抗、浮遊容量を意味する。

本発明は従来の静電容量型の傾斜角測定装置における上記問題に鑑みなされたものであって、各電極間の漏れ抵抗、浮遊容量の影響を除去することにより、気泡の移動を精密に検出できるように

し、高精度な傾斜角測定を可能とした傾斜角測定装置を提供することを目的とする。

(実施例)

以下本発明の実施例を図面に基づいて説明する。本発明による傾斜角測定装置は、傾斜角を静電容量の変化に変換する静電容量検知部を有している。この静電容量形成部は、第1図に示すように、ガラスのような絶縁性材料から作られた容器1に単一の気泡2を形成するように低粘性の液体3を満たした気泡管を有する。容器1は、上方内面を長手方向に曲率を持った湾曲面を有するように構成され、脚部材5a、5bによって支持されてシールドケース4内に配置される。容器1の外面には、第1図ないし第3図に示すように、長手方向全長の約2/3に対応する中央部分の下側約170°の範囲に第1電極6を設け、第1電極6と対向する上側約170°の範囲に相互に分離した第2電極7と第3電極8とが設けられ、さらに第1電極6ないし第3電極8を取囲むガード電極9が設けられている。このガード電極9を設けることによ

り第1電極6、第2電極7及び第3電極8の相互間を直接結合する漏れ抵抗はなくなり、また浮遊容量に関しては極めて小さくなり実質上無視できる。

一方、第1電極6、第2電極7及び第3電極8とガード電極9との間に新たな漏れ抵抗及び浮遊容量が生ずることとなるが、以下に説明するようにこれらが測定に与える影響は極めて小さく問題とならない。

第4図(a)は第1ないし第3図に示した静電容量検知部の等価回路を示したものである。第4図(a)において、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、及び $C_{11}$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{13}$ は第1電極6、第2電極7及び第3電極8とガード電極9との間の漏れ抵抗及び浮遊容量を示している。

この漏れ抵抗 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 及び浮遊容量 $C_{11}$ 、 $C_{12}$ 、 $C_{13}$ による影響は、第1電極6とガード電極9を等電位とし、第1電極6と第2電極7との間または第1電極6と第3電極8との間に電流を流してそれらの充電量の変化を検出し傾斜

角を求めることにより除去できる。すなわち、第1電極6とガード電極9とを等電位とすることにより、両電極間に電流は流れず、第1電極を流れる電流はコンデンサ13、14を充電する電流だけとなる。

より具体的な説明の助けとして第4図(b)を示す。第4図(b)はコンデンサ13、14に充電される充電量を検出する積分回路である。最初にコンデンサ13、14は充電されていない状態であり、次にスイッチSWが①端子に接続されて入力Aに所定の電圧 $e$ を加え、さらにスイッチSWを②端子へ切換えて再び同じ時間だけ電圧 $e$ を加える。スイッチSWが①端子に接続された時の出力Bの電圧がコンデンサ13、14のそれぞれ蓄えられた充電量に対応する。ここで第1電極6とガード電極9とはオペアンプOPの動作により等電位に維持され、漏れ抵抗 $r_3$ 及び浮遊容量 $C_{13}$ には電流が流れない。

従って、入力Aから流れ込む電流 $e/R_1$ はスイッチSWによって接続されるコンデンサ13又

は14のいずれかに流れる。また漏れ抵抗 $r_1$ 、 $r_2$ 、浮遊容量 $C_{11}$ 、 $C_{12}$ には電流が流れるが、オペアンプOPの出力インピーダンスがこれらに比べて充分小さいので出力Bの電圧には影響しない。

本発明を適用した傾斜角測定装置のブロック図を第5図に示す。静電容量検知部は第5図において20で示す。この傾斜角測定装置は、発振部30と、カウンタ部42と、クロックパルス発生器44と、発振部30内のアナログスイッチ33、34を制御し、かつカウンタ部42からの出力により傾斜角を演算するコンピュータ部46と、コンピュータ部46の出力を表示する傾斜角表示部48とからなる。

発振部30は積分部32及びシュミットトリガ部36から構成される。本実施例において積分部32は静電容量検知部20で形成されるコンデンサ13、14と、アナログスイッチ33、34と、オペアンプOPと、抵抗35とからなり、オペアンプOPの⊕端子には回路構成上簡略化のため基準電圧として(第4図例に示すGND)第6図の

に示すシュミットトリガ部36のインバータ37のスレッシュホールドレベル $V_T$ と等しい電圧が加えられ、一方⊖端子には抵抗35及びコンデンサ13、14のそれぞれ一方の端子が接続されることにより抵抗35の他方の端子に入力される電圧に対し積分動作を行う。

ここで積分動作はコンピュータ部46の制御により、アナログスイッチ33、34で選ばれたコンデンサ13または14の容量に従う。このオペアンプOPの出力は第6図②に示される。またガード電極9は、オペアンプOPの⊕入力端と接続され安定した上記基準電圧が与えられる。

シュミットトリガ部36は、抵抗39、インバータ37、38を直列に接続し、インバータ38の出力端子は抵抗40を介してインバータ37の入力端子に接続して構成される。この構成によって積分部32の出力は、抵抗39及び抵抗40とで分圧されてインバータ37に入力され、この電圧がスレッシュホールドレベル $V_T$ と一致するとインバータ37の出力が反転し、続いてインバータ

38の出力も反転する。従ってインバータ37の入力信号は第6図③として、またインバータ38の出力信号は第6図④に示す様に現われる。

発振部30の出力信号でもある第6図④に示す出力信号は、その周期Tが $T = K_1 \cdot R_1 \cdot C$ によって決定され、従って周期Tは発振部30に接続されたコンデンサの容量Cに比例する。ここで、 $K_1$ は定数、 $R_1$ は抵抗35の抵抗値を示す。

クロックパルス発生器44は発振部30の出力周期Tより短い同期 $T_0$ のクロックパルスを発生してカウンタ部42に出力する。カウンタ部42は発振部30の出力パルスが所定数(例えば256パルス)入力する間のクロックパルス発生器44からのクロックパルスの計数を行う。このカウンタ部42はコンピュータ部46から受けとるアナログスイッチ33、34の切換タイミングを示す信号に応じて計数値を出力しかつリセットするため、アナログスイッチ33または34によって選択されたコンデンサ13又は14の容量に比例した計数値 $N_1$ 、 $N_2$ を得、これをコンピュータ部

46へ出力する。

コンピュータ部46はカウンタ部42からの計数値 $N_1$ 、 $N_2$ より傾斜角 $\theta$ を演算する。傾斜角 $0^\circ$ のときのコンデンサ13、14の容量値を $C$ 、比例定数を $r$ 、コンデンサ13が接続されたときの発振部30の出力の周期を $T_1$ 、コンデンサ14が接続されたときの発振部30の出力の周期を $T_2$ 、コンデンサ13、14の容量値を $C_1$ 、 $C_2$ とすると、周期 $T_1$ の発振部30の出力をカウンタ部42が計数したときの計数値が $N_1$ 、周期 $T_2$ の発振部30の出力をカウンタ部42が計数したときの計数値

が $N_2$ であるから、この計数値 $N_1$ 、 $N_2$ は、

$$N_1 = \frac{T_1}{T_0} = \frac{KR_1}{T_0} \quad C_1 = \frac{KR_1}{T_0} (r \cdot \theta + C) \quad (1)$$

$$N_2 = \frac{T_2}{T_0} = \frac{KR_1}{T_0} \quad C_2 = \frac{KR_1}{T_0} (-r \cdot \theta + C) \quad (2)$$

となる。そこで(1)(2)式から傾斜角 $\theta$ は

$$\theta = \frac{T_0}{2KR_1 r} (N_1 - N_2) \quad \text{で求める。}$$

コンピュータ部46は、上記演算によって傾斜角 $\theta$ を演算して表示部48に出力する。さらにコンピュータ部46は、アナログスイッチ33、34へON、OFFのための制御信号を出力し、また、カウンタ部42へ出力及びリセットのためのタイミング信号を出力する。

傾斜角表示部48はコンピュータ部46から出力された演算結果をデジタル表示する。

本実施例において第1電極6、第2電極7及び第3電極8の間にガード電極9を設けているので第1電極6と第2電極7、第2電極7と第3電極8、第3電極8と第1電極6の相互間における漏れ抵抗及び浮遊容量に基づく漏れ電流は、著しく減少する。その一方第1電極6ないし第3電極8とガード電極9との間に新たに漏れ抵抗及び浮遊容量が生ずることとなるが、この漏れ抵抗及び浮遊容量は第1電極6とガード電極9との間の電位差がオペアンプOPの動作によって零に保たれているため漏れ電流は流れず測定に影響を与えない。また第2電極7、第3電極8とガード電極

9の間の漏れ抵抗及び浮遊容量に関しても、オペアンプOPの出力インピーダンスが低いため発振部の発振周期にほとんど影響を与えない。

なお、上記実施例においては第1電極ないし第3電極を容器の上下面に設けたが、これら電極を気泡を挟むように容器の側面に設けることによっても本発明の実施は可能である。

本実施例においては第1電極6と第4電極9を等電位としているが漏れ抵抗及び浮遊容量が影響しない範囲の電位差を持たせてもよい。

#### (発明の効果)

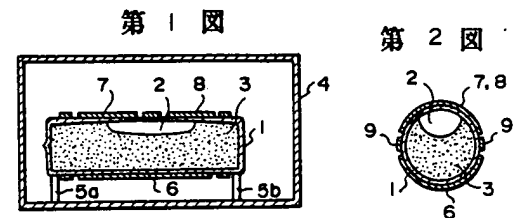
本発明は、以上説明したように検出対象となる静電容量を形成するすべての電極をガード電極で囲むことにより各電極間の漏れ抵抗及び浮遊容量を測定結果に影響を与えないものとし、気泡の移動を高精度に検出して高精度な傾斜角測定を可能にする効果を有する。

#### 4. 図面の簡単な説明

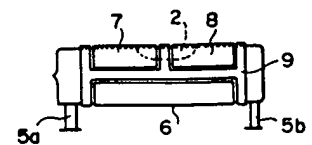
第1図は本発明の実施例の静電容量検知部の横断面図、第2図は第1図の線II-IIに沿った縦断

面図、第3図は第1図に示す実施例の側面図、第4図(a)は静電容量検知部の等価回路図、第4図(b)は第4図(a)の回路を含んだ積分回路図、第5図は本発明の実施例の傾斜角測定装置のブロック図、第6図は第5図に示したブロック図の波形図、第7図は従来の傾斜角測定装置の説明図、第8図は従来の傾斜角測定装置の等価回路図である。

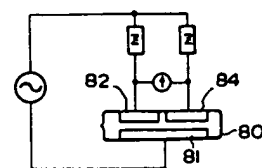
- |         |        |
|---------|--------|
| 1…容器    | 2…気泡   |
| 3…液体    | 6…第1電極 |
| 7…第2電極  | 8…第3電極 |
| 9…ガード電極 |        |



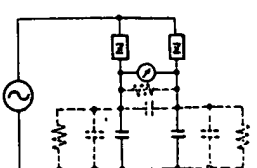
第3図



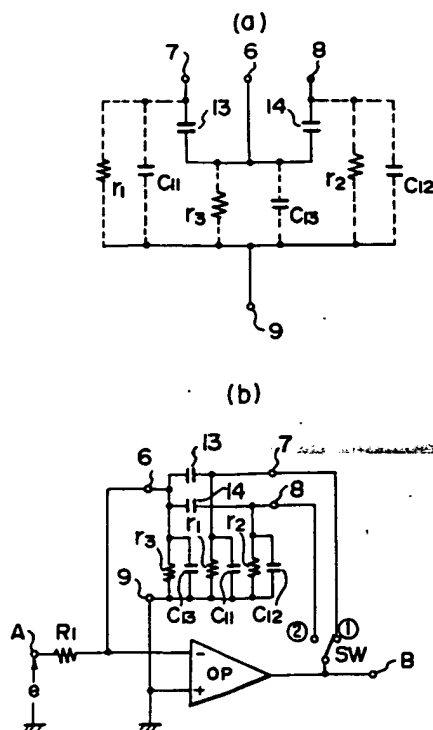
第7図



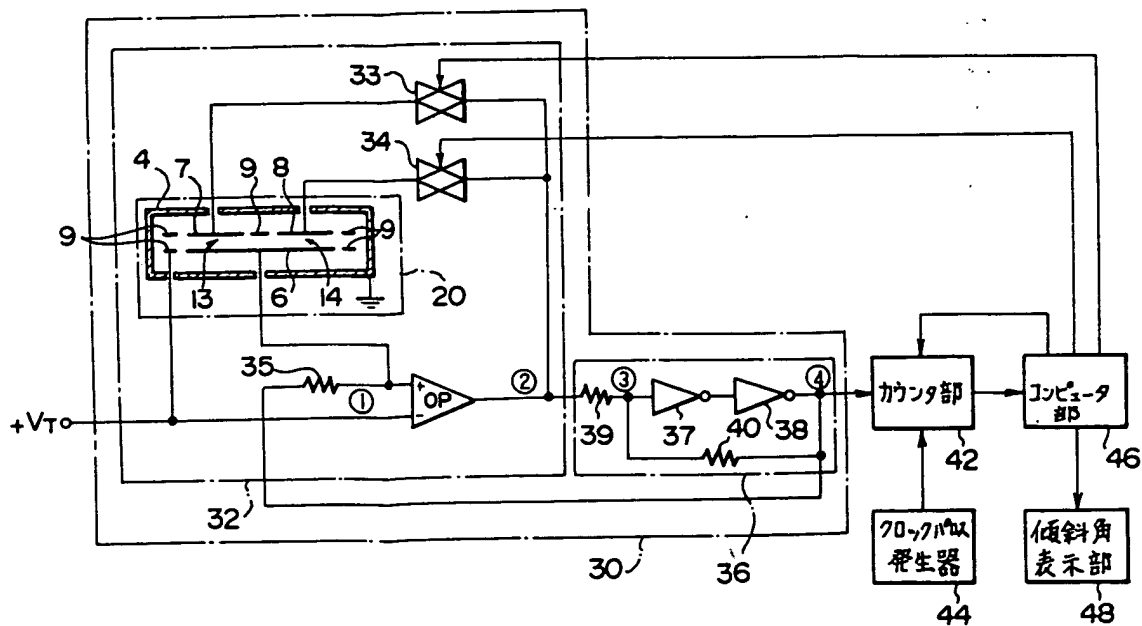
第8図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

